⑲日本国特許庁（JP）　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報（A）　平1－308908

⑤Int.Cl.⁴　識別記号　庁内整理番号　㊸公開　平成1年(1989)12月13日

G 01 B 21/00　E－8803－2F
11/00　A－7625－2F

審査請求　未請求　請求項の数 1　（全5頁）

㊹発明の名称　多面体の位置計測方法

㉑特　願　昭63－139568

㉒出　願　昭63(1988)6月8日

㉗発明者　下村　昭二　神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号　富士電機株式会社内

㉑出願人　富士電機株式会社　神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

㉔代理人　弁理士　並木　昭夫　外1名

明　細　書

1. 発明の名称

多面体の位置計測方法

2. 特許請求の範囲

各辺の長さおよび各辺が交わる角度が予め与えられまたは学習されている凸多面体の同一平面上にある3頂点を撮像し、該3頂点の各々と視点を通る3直線をそれぞれ求め、該3直線と視点とで形成される三角錐を該3直線のいずれか1つで切断して二次平面上に展開した後、各直線間の距離と各直線のなす角度が前記多面体のそれらと矛盾なくあてはまる位置を探索することにより、単眼視にて多面体の位置を計測することを特徴とする多面体の位置計測方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、1台のカメラを用いて単眼視により、3次元空間の凸多面体の位置及び姿勢を計測する位置計測方法に関する。

〔従来の技術〕

従来、この種の技術としては、例えば第8図の如く2台のTVカメラにより物体1を撮像し、三角測量の原理により物体までの距離を計測するものが知られている（複眼視法）。すなわち、2台のカメラで撮像して得られる画像を画像（仮想面21）Ⅰ，画像（仮想面22）Ⅱとし、距離を計測しようとする物体の頂点をRとした場合、頂点Rに対する画像Ⅰ，画像Ⅱ上の頂点R_1，R_2と2つのカメラの視点の位置から三角測量によって、頂点Rの距離を求めるものである。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、上記のような方法では2画像間の対応、つまり頂点R_1に対応する頂点R_2を見つけだすための一般的な手段がない、視差によりある頂点が一方のカメラでは撮像されても、もう一方のカメラでは撮像されないことがある、などの問題がある。また、処理の過程において大容量の記憶媒体を必要とする画像データを2画像分も記憶する必要がある、と云う難点もある。

したがって、この発明は1台のカメラで3次元

空間における物体の位置及び姿勢を計測し得るようにして対応点問題を考慮する必要がなく、視差の問題も生じることがないようにすることを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

各辺の長さおよび各辺が交わる角度が予め与えられまたは学習されている凸多面体の同一平面上にある3頂点を撮像し、該3頂点の各々と視点を通る3直線をそれぞれ求め、該3直線と視点とで形成される三角錐を該3直線のいずれか1つで切断して二次平面上に展開した後、各直線間の距離と各直線のなす角度が前記多面体のそれらと矛盾なくあてはまる位置を探索することにより、単眼視にて多面体の位置を計測する。

〔作用〕

この発明は、多面体物体の同一面上にある3つの頂点R，P，Qに着目し、これらの頂点と視点Oとで構成される三角錐ORPQを直線$\overline{OR}$（または直線$\overline{OP}$，$\overline{OQ}$）で切断し、2次元平面に展開することで、着目している3頂点の距離が1つのパラメータの操作によって求められることに着目し、視点から物体までの距離及び姿勢計測を単眼で、しかも高速に行ない得るようにするものである。

〔実施例〕

第1図はこの発明の実施例を説明するための説明図である。同図の点Oは撮像装置（TVのカメラ）のレンズ中心であり、視点とする。TVカメラは対象物（距離を測定しようとする多面体）1を撮像し、撮像面に対象物の2次元画像を得る。この2次元画像は、対象物体を視線方向に垂直な仮想面2へ投影して得られる画像に等しい。視点Oから仮想面までの距離はレンズから撮像面までの距離に等しく、焦点を無限遠点にあわせた場合はレンズの焦点距離fとなる。視点Oを原点とする直交座標x，y，zとの関係を第2図に示す。

こゝで、撮像画像2中から対象物体1の3頂点を選ぶ。但し、3頂点は対象物の同一面に属するものとする。この3頂点は仮想面2上にR_i，P_i，Q_iとして投影される。いま、視点OとR_i，P_i，Q_iを通る3直線をL_1，L_2，L_3とすると、3直線のそれぞれの角度$\angle R_iOP_i$，$\angle P_iOQ_i$，$\angle Q_iOR_i$（α_1，α_2，α_3）は、次式の関係より求まる。

$$\cos\alpha_1=\sin\theta_1\sin\theta_2\cos(\varphi_1-\varphi_2)+\cos\theta_1\cos\theta_2$$
$$\cos\alpha_2=\sin\theta_2\sin\theta_3\cos(\varphi_2-\varphi_3)+\cos\theta_2\cos\theta_3$$
$$\cos\alpha_3=\sin\theta_3\sin\theta_1\cos(\varphi_3-\varphi_1)+\cos\theta_3\cos\theta_1$$

ただし、θ，φは第3図に示す円筒座標系によるものであり、第4図の（θ_1，φ_1）（θ_2，φ_2）（θ_3，φ_3）はそれぞれ直線L_1，L_2，L_3の方向を示す。また、直交座標x，y，zと円筒座標系r，θ，φとは次なる関係にある。

$$x=r\sin\theta\cos\varphi,\quad y=r\cos\theta,$$
$$z=r\sin\theta\sin\varphi,$$
$$r=\sqrt{x^2+y^2+Z^2}$$

ただし、仮想面上においては、焦点が無限遠点にあっているとすれば、z＝fである。また、仮想面上の座標系（u，v）と直交座標系x，y，zとの関係は、次のようになる。

$$(u,v)=\left(f\cdot\frac{x}{z},\ f\cdot\frac{y}{z}\right)$$

次に、視点Oを頂点とし、これと無限遠点にのびる3直線L_1，L_2，L_3とによって形成される三角錐を例えば直線L_1に沿って切断し、第5図の如く2次元平面上に展開する。なお、直線L_2，L_3で切断してもよい。ここで便宜上直線L_4を設ける。この直線L_4は、3次元直交座標系上ではL_1と同一の直線である。

ところで、対象物体の3頂点R，P，Qは第6図に示すように、直線L_1，L_2，L_3，L_4上に存在する。なお、RはL_1とL_4の両直線上に存在するが、こゝでは便宜上、直線L_4上のRはR′で示す。このようにすれば、頂点R，P，Q，R′が直線L_1，L_2，L_3，L_4上に矛盾なく一致するときの$\overline{OR}$（$\overline{OR'}$），$\overline{OP}$，$\overline{OQ}$の長さr，p，qが3頂点の距離となることがわか

る。なお、3頂点間の距離をそれぞれd_1，d_2，d_3とすると、これとr，p，qとの関係は次式で表わされる。

$$p^2+r^2-2pr\cos\alpha_1=d_1^2$$
$$p^2+q^2-2pq\cos\alpha_2=d_2^2$$
$$q^2+r^2-2qr\cos\alpha_3=d_3^2$$

rをパラメータとして上式を解くと、次のようになる。

$$p_+=r\cos\alpha_1+\sqrt{d_1^2-r^2\sin\alpha_1^2}$$
$$(0<r<d_1/\sin\alpha_1)$$

$$p_-=r\cos\alpha_1-\sqrt{d_1^2-r^2\sin\alpha_1^2}$$
$$(d_1<r<d_1/\sin\alpha_1)$$

$$q_+=r\cos\alpha_3+\sqrt{d_3^2-r^2\sin\alpha_3^2}$$
$$(0<r<d_3/\sin\alpha_3)$$

$$q_-=r\cos\alpha_3-\sqrt{d_3^2-r^2\sin\alpha_3^2}$$
$$(d_3<r<d_3/\sin\alpha_3)$$

したがって、パラメータrを上記に示す範囲内で変化させてP，Qの距離を逐次計算し、d_2となるときのr，p，qが3頂点R，P，Qの距離を与えることになる。ただし、P，Qの距離の計算は、次の4組について、その都度行うことが必要である。これは第7図の如く、4つの場合が考えられるからである。

(1) P_+，θ_+

(2) P_+，θ_-

(3) P_-，θ_+

(4) P_-，θ_-

そして、視点から対象物体の3頂点までの距離がわかれば、3頂点は同一平面上にあるから、その平面の3次元空間での傾きがわかり、物体の姿勢を知ることができる。

〔発明の効果〕

本発明によれば、対象となる多面体の3頂点に着目し、これと視点とで形成される三角錐を2次元空間上に展開するようにしたので、操作すべきパラメータが1つに減り、物体の位置及び姿勢の計算効率を大幅に向上させることができ、認識処理の高速化を計ることができる利点がもたらされる。

4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の実施例を説明するための説明図、第2図は仮想面を説明するための説明図、第3図は直交座標系と円筒座標系との関係を説明するための説明図、第4図は仮想面上の直線の位置関係を説明するための説明図、第5図は視点と3頂点とで形成される三角錐の展開図、第6図は第5図の展開図における3頂点の関係を説明するための説明図、第7図はこの発明による位置探索方法を説明するための説明図、第8図は極限視法を説明するための説明図である。

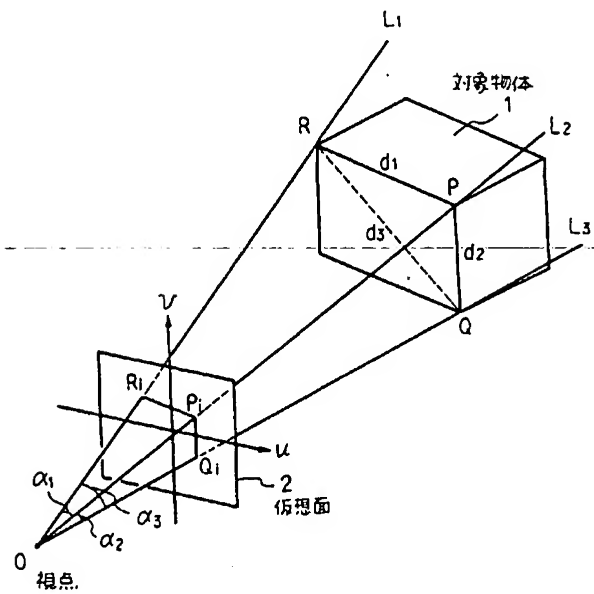
符号説明

1…物体（多面体）、2，21，22…仮想面、O…視点、R，P，Q，R_i，P_i，Q_i，R_1，R_2，R'…頂点、L_1～L_4…直線。

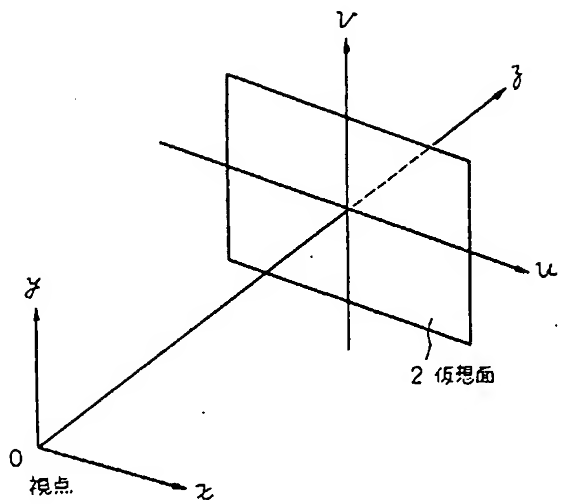
代理人　弁理士　並　木　昭　夫

代理人　弁理士　松　崎　　清

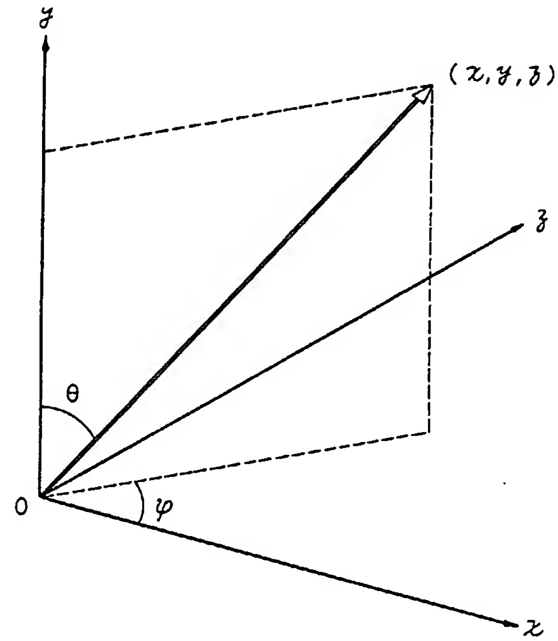
第1図



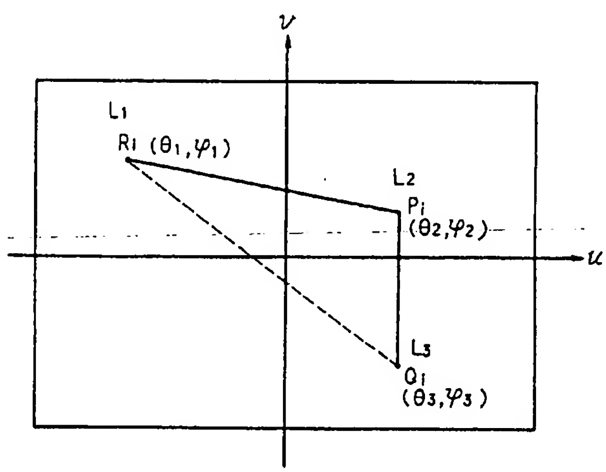
第 2 図



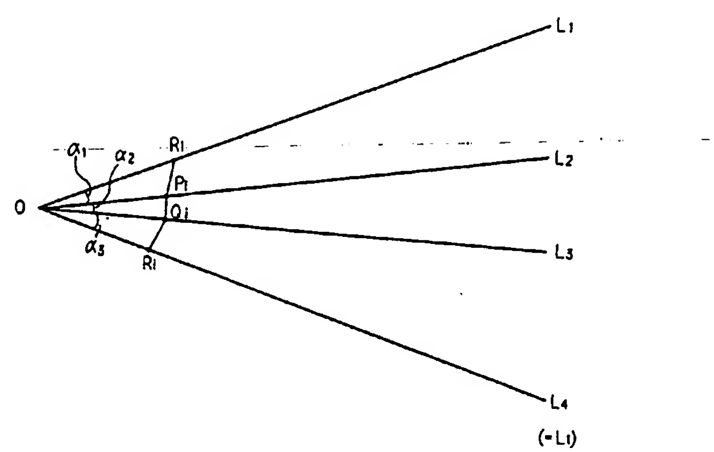
第 3 図



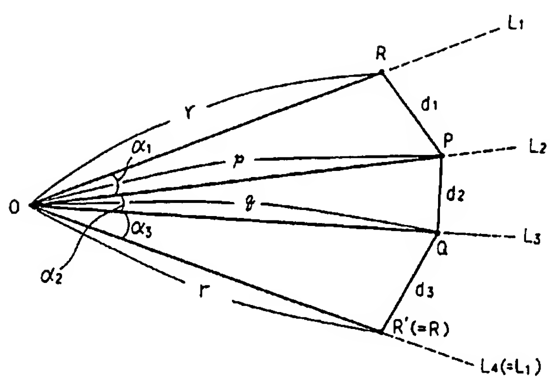
第 4 図



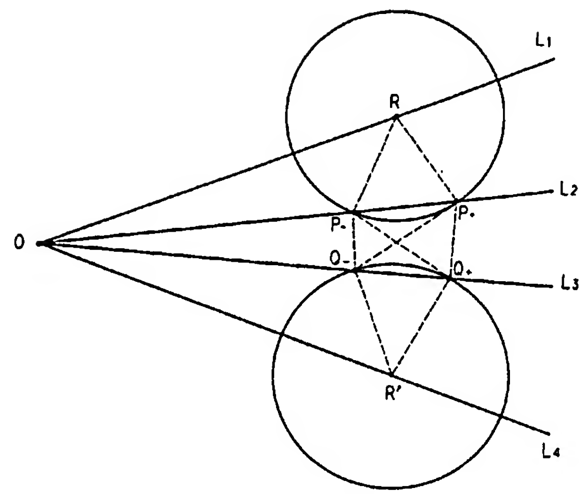
第 5 図



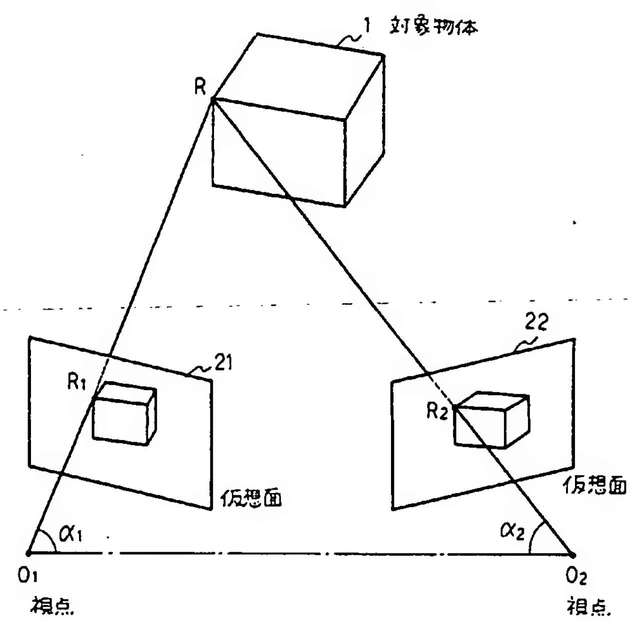
第 6 図


L1
R
d1
r
α1
P
p
L2
0
q
d2
α3
L3
α2
Q
d3
r
R'(=R)
L4(=L1)

第 7 図


L1
R
L2
P-
P+
0
Q-
Q+
L3
R'
L4

第 8 図


1 対象物体
R
22
21
R1
R2
仮想面
仮想面
α1
α2
O1
O2
視点
視点